

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-259683

(43)Date of publication of application : 12.09.2003

(51)Int.Cl.

H02P 6/18
H02P 21/00

(21)Application number : 2003-020676 (71)Applicant : GENERAL MOTORS CORP <GM>

(22)Date of filing : 29.01.2003 (72)Inventor : PATEL NITINKUMAR R

(30)Priority

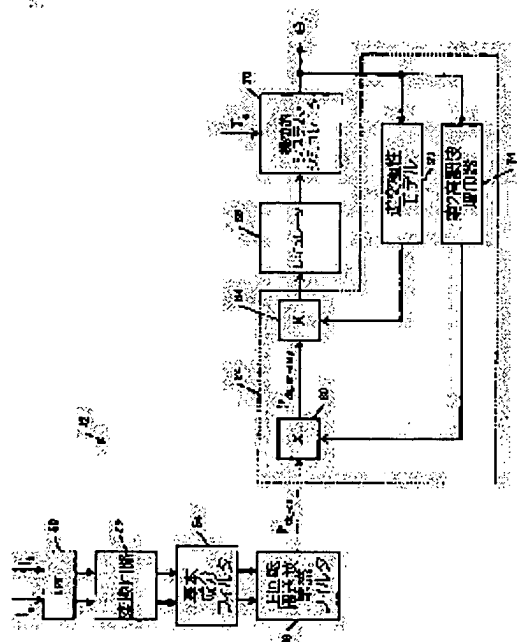
Priority-number : 2002-085595 Priority date : 26.02.2002 Priority country : US

(54) SYSTEM AND METHOD FOR ESTIMATING POSITION OF ROTOR OF PERMANENT MAGNET MOTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To determine the position of a rotor of a permanent magnet motor.

SOLUTION: A rotor position estimating device 42 of the permanent magnet motor having a stator and a rotor is provided with a circuit 58 for generating negative sequence stationary currents (NSSC) of a d-axis and a q-axis. A signal adjusting circuit 64 combines the NSSC signal with first and second feedback signals based on a rotor position estimating signal. A mechanical system simulator 70 connected to the output of the circuit 64 via a regulator 66 generates a rotor position estimating signal θ_r on the basis of an instruction torque T_e signal. The circuit 64 is provided with a second harmonic amplifier 74 for receiving the signal θ_r to output the first feedback signal, and an opposite saliency model 90 for receiving the signal θ_r to output the second feedback signal.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-259683
(P2003-259683A)

(43)公開日 平成15年9月12日(2003.9.12)

(51)IntCl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 2 P 6/18 21/00		H 0 2 P 6/02 5/408	3 7 1 S 5 H 5 6 0 C 5 H 5 7 6

審査請求 有 請求項の数24 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2003-20676(P2003-20676)

(22)出願日 平成15年1月29日(2003.1.29)

(31)優先権主張番号 10/085595

(32)優先日 平成14年2月26日(2002.2.26)

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 590001407

ゼネラル・モーターズ・コーポレーション
GENERAL MOTORS CORP
ORATION

アメリカ合衆国ミシガン州48265-3000,
デトロイト, ビー・オー・ボックス 300,
ルネッサンス・センター 300, メール・
コード 482-シー23-ビー21

(74)代理人 100089705

弁理士 社本 一夫 (外5名)

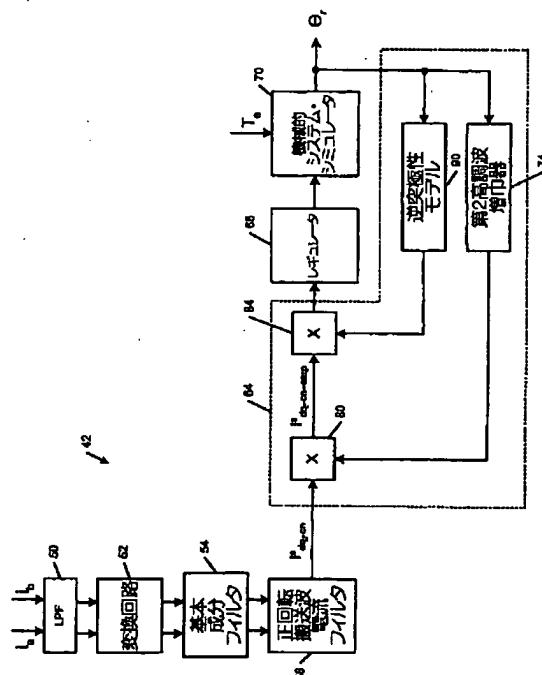
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 永久磁石モータのロータの位置を推定するためのシステム及び方法

(57)【要約】

【課題】 永久磁石モータのロータの位置を正確に決定すること。

【解決手段】 ステータとロータを有する永久磁石モータのロータ位置推定器42は、d軸及びq軸の負シーケンス静止電流(NSSC)信号を生成する回路58を備える。信号調整回路64はNSSC信号を、ロータ位置推定信号に基づく第1及び第2のフィードバック信号と組み合わせる。レギュレータ66を介して信号調整回路64の出力に接続された機械的システム・シミュレータ70は命令トルク T_e 信号に基づいてロータ位置推定信号 θ_r を生成する。信号調整回路64は、ロータ位置推定信号 θ_r を受け取って第1のフィードバック信号を出力する第2高調波増幅器74と、ロータ位置推定信号 θ_r を受け取って第2のフィードバック信号を出力する逆突極性モデル90とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ステータとロータとを備えた永久磁石モータのためのロータ位置推定器であって、
d軸及びq軸の負シーケンス静止電流(NSSC)信号を生成する感知回路と、

前記d軸及びq軸のNSSC信号を、ロータ位置推定信号に基づく第1の正フィードバック信号と組み合わせ、修正されたd軸及びq軸のNSSC信号を生成する信号調整回路と、

前記信号調整回路の出力に結合されたレギュレータと、
前記レギュレータの出力に結合されて前記ロータ位置推定信号を生成する機械的システム・シミュレータと、を具備するロータ位置推定器。

【請求項2】 前記信号調整回路が、前記修正されたd軸及びq軸のNSSC信号を、ロータ位置推定信号に基づく第2の正フィードバック信号と組み合わせる、請求項1記載の推定器。

【請求項3】 前記機械的システム・シミュレータが要求トルク信号を受け取る、請求項1記載の推定器。

【請求項4】 前記信号調整回路が、前記d軸及びq軸のNSSC信号を受け取る第1の入力を有する第1の乗算器を備える、請求項1記載の推定器。

【請求項5】 前記信号調整回路が、前記ロータ位置推定信号を受け取る入力と前記第1の正フィードバック信号を前記第1の乗算器の第2の入力へ印加する出力とを有する第2高調波増幅回路を備える、請求項1記載の推定器。

【請求項6】 前記第1の乗算器が、前記第1の正フィードバック信号と前記d軸のNSSC信号との乗算を行って前記修正されたd軸のNSSC信号を生成すると共に、前記第1の正フィードバック信号と前記q軸のNSSC信号との乗算を行って前記修正されたq軸のNSSC信号を生成する、請求項1の発明記載の推定器。

【請求項7】 前記信号調整回路が、前記第1の乗算器から前記d軸及びq軸のNSSC信号を受け取る第1の入力と前記レギュレータに結合された出力とを有する第2の乗算器を備える、請求項6記載の推定器。

【請求項8】 前記信号調整回路が逆突極性モデルを備え、該逆突極性モデルが、前記ロータ位置推定信号を受け取る入力を備えると共に、前記第2の乗算器の第2の入力へ出力される前記第2の正フィードバック信号を生成する、請求項7記載の推定器。

【請求項9】 前記レギュレータが、比例(P)レギュレータ、比例積分(PI)レギュレータ、比例積分差分(PDI)レギュレータ及び制限PIレギュレータからなる群から選択される、請求項1記載の推定器。

【請求項10】 ステータとロータとを備えた永久磁石モータのためのロータ位置を推定する方法であってd軸及びq軸の負シーケンス静止電流(NSSC)信号を生成するステップと、

ロータ位置推定信号に基づく第1の正フィードバック信号を用いて前記d軸及びq軸のNSSC信号の信号処理を行うステップと、

信号処理を行う前記ステップからの出力を受け取って前記ロータ位置推定信号を生成する機械的システム・シミュレータを用いるステップと、を備える方法。

【請求項11】 信号処理を行う前記ステップからの出力を調整し、調整された信号を生成してから、前記機械的システム・シミュレータを用いるステップを更に備える、請求項10記載の方法。

【請求項12】 信号処理を行う前記ステップからの出力を、ロータ位置推定信号に基づく第2の正フィードバック信号と組み合わせてから、調整する前記ステップを行う、請求項11記載の方法。

【請求項13】 前記機械的システム・シミュレータがトルク要求信号を受け取る第2入力を備える、請求項12記載の方法。

【請求項14】 信号処理を行う前記ステップが、前記d軸及びq軸のNSSC信号と第2高調波増幅器から出力される前記第1の正フィードバック信号とを乗算して、修正されたd軸及びq軸のNSSC信号を生成するステップを備える、請求項13記載の方法。

【請求項15】 前記第2高調波増幅器が、前記ロータ位置推定信号を受け取る入力を備える、請求項14記載の方法。

【請求項16】 前記修正されたd軸及びq軸のNSSC信号と前記第2の正フィードバック信号とを乗算するステップを更に備える、請求項15記載の方法。

【請求項17】 前記第2の正フィードバック信号が逆突極性モデルによって生成される、請求項16記載の方法。

【請求項18】 前記逆突極性モデルが、前記ロータ位置推定信号を受け取る入力を備える、請求項17記載の方法。

【請求項19】 ステータとロータとを備える永久磁石モータのためのロータ位置推定器であって、
d軸及びq軸の負シーケンス静止電流(NSSC)信号を生成する感知回路と、

前記d軸及びq軸のNSSC信号を、ロータ位置推定信号に基づく第1及び第2の正フィードバック信号と組み合わせる信号調整回路と、

前記信号調整回路の出力に結合されたレギュレータと、
前記レギュレータの出力に結合された第1の入力と要求トルク信号を受け取る第2の入力とを備え、前記ロータ位置推定信号を生成する機械的システム・シミュレータと、を具備する推定器。

【請求項20】 前記信号調整回路が、前記d軸及びq軸のNSSC信号を受け取る第1の入力を備える第1の乗算器を備える、請求項20記載の推定器。

【請求項21】 前記信号調整回路が、前記ロータ位置

推定信号を受け取って前記第1の正フィードバック信号を前記第1の乗算器へ出力する第2高調波増幅回路を備える、請求項20記載の推定器。

【請求項22】 前記第1の乗算器が、修正されたd軸及びq軸のNSSC信号を出力する、請求項21記載の推定器。

【請求項23】 前記信号調整回路が、前記第1の乗算器から前記修正されたd軸及びq軸のNSSC信号を受け取る第1の入力を備えた第2の乗算器を備える、請求項22記載の推定器。

【請求項24】 前記信号調整回路が、前記ロータ位置推定信号を受け取って前記第2の正フィードバック信号を前記第2の乗算器の第2の入力へ出力する逆突極性モデルを備える、請求項23記載の推定器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、永久磁石モータに関するものであり、特に、永久磁石モータのための、センサ不要のロータ位置推定器に関する。

【0002】

【従来の技術】一層厳しい排出基準に起因して、電気（EV）車両及びハイブリッド（HEV）車両に対する興味が増大している。EV車両及びHEV車両は、内燃（IC）エンジンを搭載した車両と競合するよう、高度に効率的で信頼性が高く且つ安全な動力伝達装置を必要とする。効率的なモータドライブや、ロータ位置を導出するセンサを使用わない技術のような進歩した制御方法を使用すると、電気的動力伝達装置の重量及びコストを低減し、EV車両及びHEV車両の動作効率を改善することができる。

【0003】内部永久磁石（interior permanent magnet；IPM）モータドライブは、ロータ位置に対するステータ漏洩インダクタンスの変動に関係する自然の突極性を有する。突極性に基づく感知システムは、ロータの位置をロータ位置トランスジューサ、ホール効果センサ、又はその他の物理的センサを用いることなく導出する。換言すると、モータは電磁レゾルバとして動作する。電力変換器は搬送波周波数電圧をモータのステータ巻線に印加する。ステータ巻線はロータ位置と共に変化する高周波電流を生成する。電流の変動は電流センサによって感知される。

【0004】ここで図1を参照すると、ステータ電流信号の負シーケンス成分（negative sequence component；NSC）が10で指示されている。ステータ電流信号のNSC10は、図1に12で指示されるロータ位置信号を生成するよう処理される。NSCの電流変動は基本ステータ電流（例えば300アンペア）に比較して相対的に小さい振幅（例えば3アンペア）を有する。ステータ電流の過渡状態は、近負シーケンス（near negative sequence）搬送波信号周波数を含む、全周波数スペクトルにわたる高調波を作る。ステータ電流のNSCの高周波フーリエ変換（FFT）14は高調波の内容を示す。この高調波は負シーケンス搬送波信号電流の正確な測定を妨害する。換言すると、センサを備えない従来のロータ位置推定器は、ロータ位置の不正確な推定を一時的に生成する傾向を有する。近負シーケンス搬送波信号周波数は所望の突極性空間情報を含むので、ロータの位置を正確に決定することは困難又は不可能である。

【0005】前述のとおり、ステータ電流のNSCは基本ステータ電流に比べて極めて小さい。小さな振幅の電流を、ずっと大きな電流レベルに対して調整されたセンサを用いて正確に測定することは極めて困難である。ステータ・コイルに大きな振幅の電流を注入すると、精度が向上する可能性がある。小さな電流使用限度の電流センサを用いても精度を向上させることができる。これらのオプションは駆動の応用分野に対しては実行できない。大電流をステータ・コイルに注入すると、駆動システムの損失が増大する。定格電流に比較して小さな電流使用限度の電流センサを用いると、駆動システムのトルク生成能力を制限することになる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記の課題を解決するために提案された。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明に係るロータ位置推定器は、ステータとロータとを有する永久磁石のためのロータ位置を推定する。感知回路はd軸及びq軸の負シーケンス静止電流（negative sequence stationary current；NSSC）信号を生成する。信号調整回路はd軸及びq軸のNSSC信号を、ロータ位置推定信号に基づく第1の正フィードバック信号と結合させて、修正されたd軸及びq軸のNSSC信号を生成する。レギュレータは信号調整回路の出力に結合される。機械的システム・シミュレータはレギュレータの出力に結合されてロータ位置推定信号を生成する。

【0008】本発明の他の特徴においては、信号調整回路は修正されたd軸及びq軸のNSSC信号を、ロータ位置推定信号に基づく第2の正フィードバック信号と組み合わせる。機械的システム・シミュレータは要求トルク信号を受け取る。

【0009】別の特徴においては、信号調整回路は、d軸及びq軸のNSSC信号を受け取る第1の入力を有する第2の乗算器を備える。信号調整回路は、ロータ位置推定信号を受け取る入力と第1の正フィードバック信号を第1の乗算器の第2の入力へ印加する出力とを有する第2高調波増幅回路を備える。第1の乗算器は、第1の正フィードバック信号とd軸のNSSC信号との乗算を行って、修正されたd軸のNSSC信号を生成する。ま

10

20

30

40

50

た、第1の乗算器は、第1の正フィードバック信号とq軸のNSSC信号との乗算を行って、修正されたq軸NSSC信号を生成する。

【0010】更に別の特徴においては、信号調整回路は、第1の乗算器からd軸及びq軸のNSSC信号を受け取る第1の入力とレギュレータに結合された出力とを有する第2乗算器を備える。信号調整回路は逆突極性モデルを備え、該逆突極性モデルは、ロータ位置推定信号を受け取る入力と備え、第2の乗算器の第2の入力へ出力される第2の正フィードバック信号を生成する。レギュレータは、比例(P)レギュレータ、比例積分(PI)レギュレータ、比例積分差分(PID)レギュレータ及び制限PIレギュレータからなる群から選択されることが好ましい。

【0011】本発明の更なる適用分野は、以下に提供される詳細な説明から明らかになるであろう。理解されるように、詳細な説明及び特定の例は、本発明の好ましい実施の形態を示してはいるが、単なる例であるにすぎず、発明の範囲を限定するものではない。本発明は、詳細な説明及び添付の図面から一層十分に理解されるであろう。

【0012】

【発明の実施の形態】好適な実施の形態についての以下の記述は本質的に単なる例示であり、発明、応用及び使用を限定するものではない。

【0013】図2を参照すると、内部永久磁石モータ30のための制御システム28が図示されている。制御システム28は、入力として電池電圧 V_{BATT} 、命令トルク T_e 及びd軸及びq軸のフィードバック電流を受け取る電流レギュレータ32を備える。命令トルク T_e は、電気車両のアクセル・ペダルの位置と関係付けられていることが好ましい。

【0014】電流レギュレータ32は、同期-静止座標変換回路34の入力にd軸電圧 V_d 及びq軸電圧 V_q を出力する。また、同期-静止座標変換回路34はコントローラ38から θ を受け取る。コントローラ38の入力は、同期-静止座標変換回路34の出力及び命令トルク T_e と接続されている。高周波信号注入型インバータ40の入力はコントローラ38の出力に接続される。電流信号 i_a 及び i_b はIPMモータ30の入力端子から感知され、コントローラ38にフィードバックされる。制御システム28のこれらの構成要素32、38、40の動作については米国特許第6163127号明細書に記述されており、明細書は参照によって本文に援用される。

【0015】図3を参照すると、本発明に係るロータ位置推定器42はコントローラ38の一部を形成する。ロータ位置推定器42は電流信号 i_a 、 i_b からd軸及びq軸の負シーケンス静止電流(NSSC)信号 I_{dq-cn} を生成する。d軸及びq軸のNSSC信号はロータ位置情

報を含む。電流信号 i_a 、 i_b はローパス・フィルタ50に加えられる。ローパス・フィルタ50の出力は変換回路52によって3相から2相へ変換される。

【0016】変換回路52の出力は基本成分フィルタ54に輸入され、基本成分フィルタ54は、例えばノッチ・フィルタを用いて、ロータの基本周波数を除去するよう電流信号及びロータ位置角度信号を処理する。基本成分フィルタ54は上記信号を静止フレーム正及び負回転搬送波電流信号へ変換する。静止フレーム正及び負回転搬送波電流信号及び高周波注入信号角度位置信号は正回転搬送波電流フィルタ58に輸入される。正回転搬送波電流フィルタ58はd軸及びq軸のNSSC信号を出力する。

【0017】d軸及びq軸のNSSC信号は信号調整回路64に輸入される。信号調整回路64の出力はレギュレータ66に輸入される。レギュレータ66の出力及び命令トルク T_e は機械的システム・シミュレータ70に輸入される。機械的システム・シミュレータ70は、信号調整回路64へフィードバックされるロータ位置推定信号 θ_r を生成する。

【0018】信号調整回路64は、機械的システム・シミュレータ70によって生成されたロータ位置推定信号 θ_r に基づいて第1のフィードバック信号及び第2のフィードバック信号を生成する。第1のフィードバック信号は、機械的システム・シミュレータ70からのロータ位置推定信号 θ_r を受け取る第2高調波増幅器74によって生成される。第2高調波増幅器74は例えば信号 $I_{cn} * e^{h\theta}$ を生成することによって第2高調波を増幅する。第2高調波増幅器74の出力は、d軸及びq軸のNSSC信号を入力として受け取る第1の乗算器80に輸入される。第1の乗算器80は第2の乗算器82に対して、修正された(又は増幅された)d軸及びq軸のNSSC信号 $I_{dq-cn-amp}$ を出力する。

【0019】第2のフィードバック信号は、ロータ位置推定信号 θ_r を機械的システム・シミュレータ70から受け取る逆突極性モデル90によって生成される。逆突極性モデル90は第2のフィードバック信号を、修正されたd軸及びq軸のNSSC信号をも入力として受け取る第2の乗算器84に出力する。第2の乗算器84の出力はレギュレータ66に輸入される。レギュレータ66は、比例(P)レギュレータ、比例積分(PI)レギュレータ、比例積分差分(PID)レギュレータ及び制限PIレギュレータからなる群の中から選択されることが好ましい。

【0020】使用する場合、ステータ端子電流が感知され、等価の2相電流に静止フレームにおいて変換される。変換された2相電流は基本成分及び正回転搬送波電流成分を除去するよう処理される。この処理によって、負基準フレームにおいて回転する負シーケンス静止電流成分が生成される。負シーケンス静止電流成分はロータ

位置情報を含む。負基準フレームにおける負シーケンス静止電流成分 I_{sdq-cn} を計算する処理は、パテル等の米国特許第6163127号明細書に詳細に記載されている。

【0021】図3に示すように、機械的システム・シミュレータ70は、負基準フレームにおける負回転静止電流成分 I_{sdq-cn} からロータ位置を推定するために使用される。次いで、機械的システム・シミュレータ70からの推定されたロータ位置を用いて、正帰還で信号の増幅が行われる。負基準フレームにおいて回転する電流の第2高調波成分のみが増幅される。他の高調波が生成されている過渡状態の場合には、飽和誘導された高調波（即ち、第2高調波）電流の振幅は、他の高調波に比較して相対的に大きい。機械的システム・シミュレータ70は飽和誘導された高調波信号の位相角を追跡する。他の高調波に対して第2高調波を入力信号の主成分とすることは、当該特定の信号の追跡を維持するのを助ける。ロータ位置推定器の実現は、ディスクリット回路として、プロセッサ及びメモリによって実行されるアルゴリズムとして、アプリケーション・スペシフィック集積回路として、又は任意の他の好適な方法で可能である。

【0022】ここで図4を参照すると、ロータ位置推定器42を用いた70KW駆動システムの過渡特性（-100%から+100%までのモータ・トルク）が図示さ

れている。波形100は命令トルクT_eであり、波形102はフィードバック・トルクである。波形104は推定されたロータ位置であり、波形106は実際のロータ位置である。ロータ位置推定器42は、他の従来のセンサ不使用ロータ位置推定器と比較して、信頼性の高いロータ位置推定信号を提供する。

【0023】当該技術分野の当業技術者が以上の記述から理解するように、本発明の広範な教示は種々の形態で実現可能である。したがって、本発明を特定の例と関連させて説明したが、本発明の真の範囲は限定されるべきではない。他の修正が、図面、明細書及び特許請求の範囲の研究から当業者には明らかであるからである。

【図面の簡単な説明】

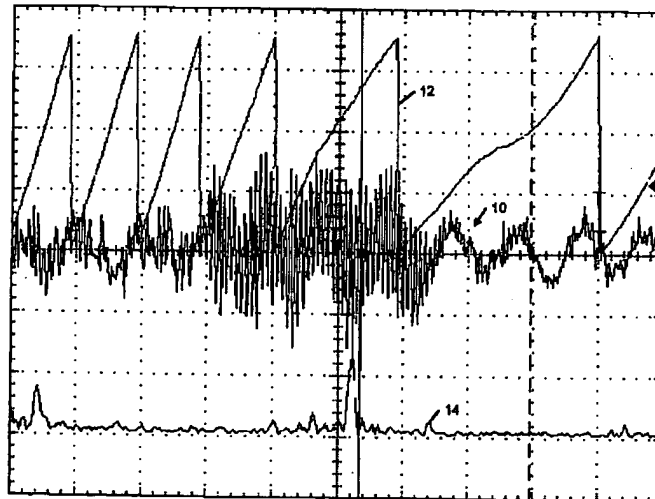
【図1】ステータ電流信号のNSCとロータ位置信号とステータ電流信号のNSCの高速フーリエ変換とを示す図である。

【図2】永久磁石モータのための制御システムの単純化された機能ブロック図を示す図である。

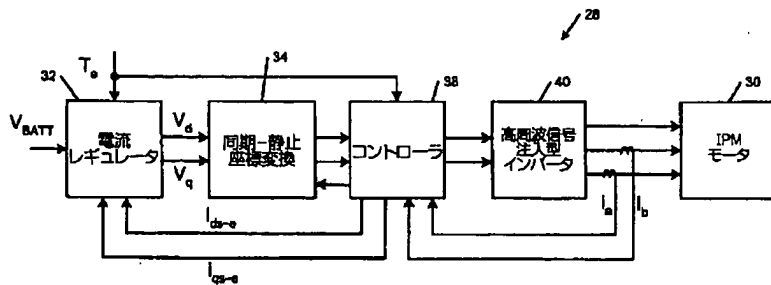
【図3】図2のコントローラの一部分を形成するロータ位置推定器を示す図である。

【図4】図2の制御システムのための命令トルク、フィードバック・トルク、推定されたロータ位置及び実際のロータ位置を示す図である。

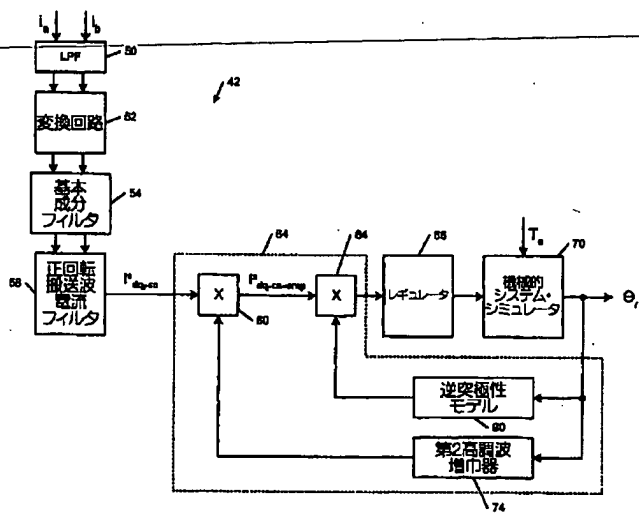
【図1】



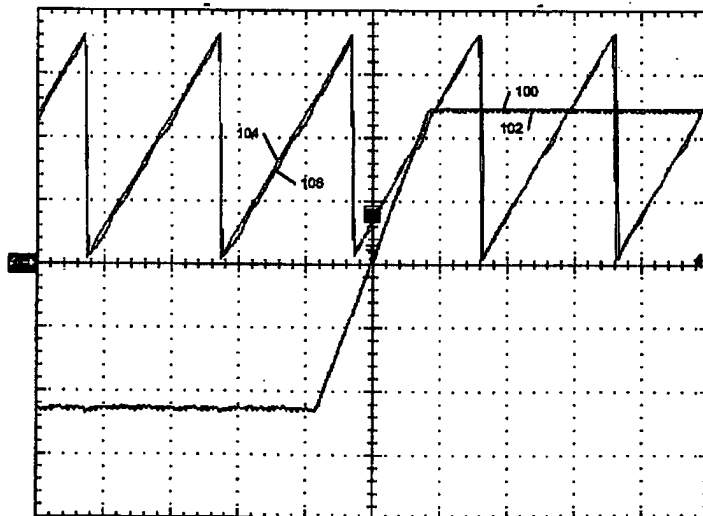
【図2】



【图3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 ニティンクマー・アール・バテル
アメリカ合衆国カリフォルニア州90630,
サイプレス, アケイシャ・サークル 8125

Fターム(参考) 5H560 AA08 BB17 DA14 DC12 EB01
RR03 TT08 XA02 XA13
5H576 AA15 BB06 CC02 DD07 EE01
GG04 HB02 JJ04 JJ26 LL14
LL22 LL41
